

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-196896

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl.

H03H 9/25  
H03H 9/145

(21)Application number : 2000-002572

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 11.01.2000

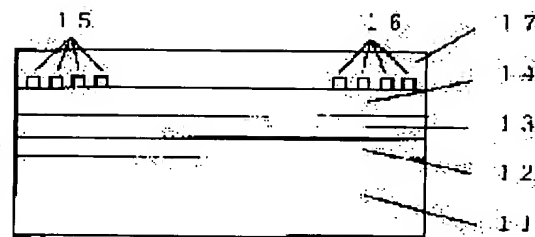
(72)Inventor : HIGUCHI AMAMITSU  
IWASHITA SETSUYA  
MIYAZAWA HIROSHI

## (54) SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve a problem of a conventional surface acoustic wave device adopting a structure of SiO<sub>2</sub>/ZnO/diamond/Si realizing a high sound velocity, a high k<sub>2</sub> and a zero center frequency temperature coefficient(TCF) that have deteriorated the k<sub>2</sub> because the surface flatness of a diamond thin film hard layer cannot be obtained resulting in grading the crystallinity of a piezoelectric thin film.

**SOLUTION:** Depositing a hard layer 13 containing any of silicon carbide, boron nitride, aluminum nitride, silicon nitride, magnesium oxide, and aluminum oxide on a Si substrate 11 oriented in the (100) and depositing a piezoelectric layer 14 on the layer 13 can realize a high sound velocity and a high k<sub>2</sub>. Furthermore, depositing a SiO<sub>2</sub> protection layer 17 containing at least any of Li<sub>2</sub>O, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on the layer 14 can almost nullify the TCF of the entire element so as to realize a communication device such as a high frequency filter and an oscillator with a small insertion loss and excellent temperature stability.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-196896  
(P2001-196896A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 3 H 9/25		H 0 3 H 9/25	C 5 J 0 9 7
9/145		9/145	C

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願2000-2572(P2000-2572)

(22) 出願日 平成12年1月11日 (2000.1.11)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 樋口 天光

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 岩下 節也

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

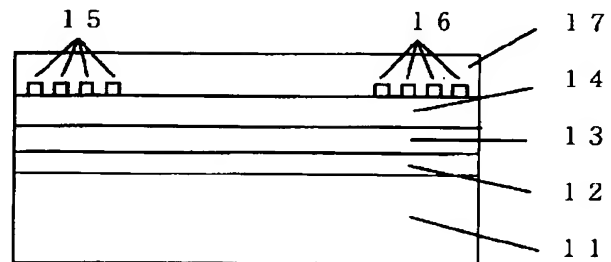
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表面弾性波素子

(57) 【要約】

【課題】 表面弾性波素子において、高音速、高 $k^2$ 、零中心周波数温度係数 (TCF) を実現する構造である  $\text{SiO}_2/\text{ZnO}$ /ダイヤモンド/Si の場合、ダイヤモンド薄膜硬質層の表面平坦性が得られず、圧電体薄膜の結晶性も低下し、 $k^2$  が低下するという欠点があった。

【解決手段】 (100) Si 基板11上に、炭化珪素、窒化硼素、窒化アルミニウム、窒化珪素、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのいずれかを含む硬質層13を堆積し、その上に圧電体層14を堆積することにより、高音速かつ高 $k^2$ 化を実現することができる。さらにその上に  $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  の少なくとも一つを含む  $\text{SiO}_2$  保護層17を堆積することにより、素子全体のTCFを零に近づけることができ、挿入損失が小さく温度安定性に優れた高周波発振器などの通信デバイスを実現することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】(100)シリコン基板と、前記シリコン基板上の二酸化珪素からなるバッファ層と、前記二酸化珪素バッファ層上の表面弾性波の伝播速度の大きな硬質層と、前記硬質層上の負の中心周波数温度係数を有する圧電体層からなり、圧電体層の直下または直上にインターディジタル型電極を形成することを特徴とする表面弾性波素子。

【請求項2】前記硬質層は、炭化珪素、窒化硼素、窒化アルミニウム、窒化珪素、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのいずれかを含むことを特徴とする請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項3】前記圧電体層の上に、二酸化珪素からなる保護層を有することを特徴とする請求項1記載の表面弾性波素子。

【請求項4】前記二酸化珪素保護層は、 $\text{SiO}_2$ の他、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項3記載の表面弾性波素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報通信分野に用いられる表面弾性波素子に関し、特に圧電薄膜を用いた表面弾性波素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】携帯電話などの移動体通信を中心とした通信分野の著しい発展に伴い、表面弾性波素子の需要が急速に拡大している。表面弾性波素子の開発の方向としては、小型化、高効率化、高周波化の方向にあり、そのためには、より大きな電気機械結合係数(以下 $k^2$ )、より安定な温度特性、より大きな表面弾性波伝播速度、が必要となる。例えば発振器として用いる場合、発振器には高次通倍型、位相同期型、直接発振型などの方式があるが、素子の小型化のためには直接発振型が望ましく、そのためには発振周波数の高周波化が重要である。発振周波数を高周波化するためには、インターディジタル型電極(Inter-Digital Transducer、以下IDT)のピッチのデザインルールの限界からしても、より音速の速い材料が望まれている。さらに、使用温度領域での特性の安定化を得るためには、中心周波数温度係数(TCF)が小さいことが必要となる。

【0003】表面弾性波素子は、従来、主として圧電体の単結晶上にIDTを形成した構造が用いられてきた。圧電単結晶の代表的なものとしては、水晶、ニオブ酸リチウム(以下 $\text{LiNbO}_3$ )、タンタル酸リチウム(以下 $\text{LiTaO}_3$ )などである。例えば、広帯域化や通過帯域の低損失化が要求されるRFフィルタの場合には、 $k^2$ の大きい $\text{LiNbO}_3$ が用いられる。一方、狭帯域でも安定な温度特性が必要なIFフィルタの場合には、TCFの小さい水晶が用いられる。さらに、 $k^2$ およびTCF

Fがそれぞれ $\text{LiNbO}_3$ と水晶の間にある $\text{LiTaO}_3$ はその中間的な役割を果たしている。

【0004】しかしながら、高 $k^2$ 、零TCF、高音速をすべて具備することは圧電単結晶だけでは実現できないので、圧電体薄膜を用いた表面弾性波素子が考案されてきた。これは、基板と薄膜の材料の組合せや薄膜の配向方向や膜厚の制御などにより、単結晶基板を用いるよりも高特性を得ようとするものである。例えば、温度特性に優れた高音速の基板上に $k^2$ の高い圧電体薄膜を形成することにより、高 $k^2$ 、零TCF、高音速が実現可能である。

【0005】中でも温度特性については、例えば「表面波デバイスとその応用」電子材料工業会編 1978年発行 pp106~108 に述べられているように、TCFの符号が正負異なる $\text{ZnO}$ と $\text{SiO}_2$ を積層することで改善が試みられてきた。これについては、特開平6-164294あるいは特開平9-130192に記載されている。特に特開平9-130192では、水晶基板上に堆積する $\text{ZnO}$ 膜厚の規格化さらに電極位置の最適化によって $k^2$ の向上が図られている。

【0006】さらに、高音速を有する硬質層との積層によって高周波化を実現する素子構造も考案されてきた。特開平6-164294では、 $\text{Si}$ 基板上に硬質層としてダイヤモンド薄膜を形成し、さらにその上に圧電体薄膜と二酸化珪素保護膜を形成することにより、高 $k^2$ 、零TCF、高音速の両立が図られている。発振器としての応用を考えると、非常に重要な構造である。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の硬質層、圧電体層を有する表面弾性波素子には、以下のような問題点がある。

【0008】特開平6-164294に記載されているようなダイヤモンド薄膜硬質層を用いる場合には、高音速は得られるものの、表面平坦性が得られない。現状では、ダイヤモンド薄膜が硬いため研磨加工が難しく、しかもダイヤモンド薄膜が多結晶からなるために、通常の圧電体単結晶基板に比べて表面平坦性が著しく劣る。従って、そのダイヤモンド薄膜の上に堆積する圧電体薄膜の結晶性も低下し、エピタキシャル膜は得られない。圧電体薄膜の表面弾性波素子としての特性はその結晶性に大きく依存しており、ダイヤモンド薄膜硬質層を用いた場合、特に $k^2$ が低下するなどの問題が生ずる。

【0009】本発明は以上述べた問題点を解決するものであり、高周波化に対応できかつ $k^2$ が高く温度特性も良い薄膜を用いた表面弾性波素子を提供するものである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の表面弾性波素子は、(100) $\text{Si}$ 基板と、前記シリコン基板上の二酸化珪素(以下 $\text{SiO}_2$ )からなるバッファ層と、

前記 $\text{SiO}_2$ バッファ層上の表面弾性波の伝播速度の大きな硬質層と、前記硬質層上の負のTCFを有する圧電体層からなり、圧電体層の直下または直上にインターデジタル型電極を形成することを特徴とする。

【0011】上記構成によれば、 $\text{Si}$ 基板上でGHzオーダーの高周波に対応した表面弾性波素子を実現できるという効果を有する。

【0012】請求項2記載の表面弾性波素子は、前記硬質層として、炭化珪素、窒化硼素、窒化アルミニウム、窒化珪素、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのいずれかを含むことを特徴とする。

【0013】上記構成によれば、表面波の音速を高速化することができるという効果を有する。

【0014】請求項3記載の表面弾性波素子は、前記圧電体層の上に、 $\text{SiO}_2$ からなる保護層を有することを特徴とする。

【0015】上記構成によれば、正のTCFを有する $\text{SiO}_2$ 層が $\text{ZnO}$ 層の負のTCFを相殺して素子全体のTCFを零にすることができ、温度安定性が改善されるという効果を有する。

【0016】請求項4記載の表面弾性波素子は、前記 $\text{SiO}_2$ 保護層として、 $\text{Li}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の少なくとも一つを含むことを特徴とする。

【0017】上記構成によれば、 $\text{SiO}_2$ 層の正のTCF値を増大させることができるので、 $\text{SiO}_2$ 保護層の厚みを低減でき、素子全体の $k^2$ が改善されるという効果を有する。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施例にしたがって詳細に説明する。

【0019】（実施例1）図1は本発明の表面弾性波素子の第1の実施例を示す図である。

【0020】酸化アルミニウム（以下 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ）ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $600^\circ\text{C}$ 、酸素分圧 $3 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ の条件で、 $\text{Si}$ 基板1上に $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 硬質層3を $2 \mu\text{m}$ 堆積した。このとき、 $\text{Si}$ 基板1と $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 硬質層3の間には、熱酸化による $\text{SiO}_2$ 酸化膜層2が形成される。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0021】 $\text{ZnO}$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $600^\circ\text{C}$ 、酸素分圧 $3 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ の条件で、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 硬質層3上に $\text{ZnO}$ 圧電体層4を $0.5 \mu\text{m}$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0022】さらに、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターニングの連続プロセスを行い、 $\text{ZnO}$ 圧電体層4上にIDT電極5、6を形成した。

【0023】得られた表面弾性波素子は、膜面に垂直方

向に $(001) \text{ ZnO} / (001) \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 / (100) \text{ Si}$ 、面内で $[100] \text{ ZnO} / [100] \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 / [100] \text{ Si}$ の配向膜であった。

【0024】得られた表面弾性波素子について、IDT電極5、6の間での表面弾性波の遅延時間 $V_{\text{open}}$ から求めた音速は $5000 \text{ m/s}$ であった。IDT電極4、5の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性波の遅延時間 $V_{\text{short}}$ との差から求めると、 $k^2$ は $0.01$ となった。また共振周波数は $2.5 \text{ GHz}$ であった。 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 硬質層3を用いない場合に音速が $4500 \text{ m/s}$ 、 $k^2$ が $0.01$ であることから、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 硬質層は $k^2$ を減少させることなく高音速化に効果があることが明らかである。

【0025】また、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ の代わりに炭化珪素、窒化硼素、窒化アルミニウム、窒化珪素、酸化マグネシウムのいずれかを硬質層に用いた場合も同様な効果が得られた。さらに、 $\text{ZnO}$ の代わりに $\text{LiNbO}_3$ あるいは $\text{LiTaO}_3$ などの他の圧電体層を用いた場合も同様の効果が得られた。なお、IDT電極を圧電体層の下に形成した場合も同様の効果が得られた。

【0026】上述のように、 $(100) \text{ Si}$ 基板上に、炭化珪素、窒化硼素、窒化アルミニウム、窒化珪素、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのいずれかを含む硬質層を堆積し、圧電体層を堆積することにより、 $k^2$ を減少させることなく高音速を実現させることが可能となる。

【0027】（実施例2）図2は本発明の表面弾性波素子の第2の実施例を示す図である。

【0028】酸化アルミニウム（以下 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ）ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $600^\circ\text{C}$ 、酸素分圧 $3 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ の条件で、 $\text{Si}$ 基板11上に $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 硬質層13を $2 \mu\text{m}$ 堆積した。このとき、 $\text{Si}$ 基板11と $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 硬質層13の間には、熱酸化による $\text{SiO}_2$ 酸化膜層12が形成される。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0029】次に、 $\text{ZnO}$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $600^\circ\text{C}$ 、酸素分圧 $3 \times 10^{-3} \text{ Torr}$ の条件で、 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 硬質層13上に $\text{ZnO}$ 圧電体層14を $0.5 \mu\text{m}$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分圧は、これに限るものではない。

【0030】さらに、金属アルミニウムを蒸着後、レジスト塗布、露光、ドライエッチング、レジスト除去によるパターニングの連続プロセスを行い、 $\text{ZnO}$ 圧電体層14上に電極ピッチ $0.5 \mu\text{m}$ のIDT電極15、16を形成した。

【0031】最後に、 $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{ SiO}_2$ ターゲットを用いたレーザアブレーションにより、基板温度 $25^\circ\text{C}$ 、酸素分圧 $3 \text{ Torr}$ の条件で、 $\text{SiO}_2$ 保護層17を $2 \mu\text{m}$ 堆積した。ただし、基板温度、酸素分

圧は、これに限るものではない。

【0032】得られた表面弾性波素子は、膜面に垂直方向に(001) ZnO/(001)  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(100) Si、面内で[100] ZnO/[100]  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/[100] Siの配向膜であった。またSiO<sub>2</sub>保護層はアモルファスであった。

【0033】得られた表面弾性波素子について、IDT電極15、16の間での表面弾性波の遅延時間 $V_{open}$ から求めた音速は5000m/sであった。IDT電極15、16の間を金属薄膜で覆った場合の表面弾性波の遅延時間 $V_{short}$ との差から求めると、 $k^2$ は0.01となった。共振周波数は2.5GHzであった。TCFは25℃で-1ppm/℃であった。これは、Li<sub>2</sub>OまたはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を添加しないSiO<sub>2</sub>ターゲットを用いた場合に比べ、音速4000m/s、 $k^2=0.01$ は同じであるが、TCFは25℃で-10ppm/℃という値に比べてはるかに小さくなった。

【0034】また、 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の代わりに炭化珪素、窒化硼素、窒化アルミニウム、窒化珪素、酸化マグネシウムのいずれかを硬質層に用いた場合も同様の効果が得られた。そして、ZnOの代わりにLiNbO<sub>3</sub>あるいはLiTaO<sub>3</sub>などの他の圧電体層を用いた場合も同様の効果が得られた。さらに、Li<sub>2</sub>O・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・4SiO<sub>2</sub>の代わりにLi<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少なくとも一つを含んだSiO<sub>2</sub>を保護層に用いた場合も同様の効果が得られた。なお、IDT電極を圧電体層の下に形成した場合も同様の効果が得られた。

【0035】上述のように、(100) Si基板上に、炭化珪素、窒化硼素、窒化アルミニウム、窒化珪素、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのいずれかを含む硬質層を堆積し、圧電体層を堆積し、Li<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のいずれか一つを含んだSiO<sub>2</sub>保護層を堆積することにより、 $k^2$ を減少させることなく高音速かつ小TCF値を実現させることが可能となる。

#### 【0036】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の表面弾性波素子によれば、Si基板上に、炭化珪素、窒化硼素、窒化アルミニウム、窒化珪素、酸化マグネシウム、酸化アルミニウムのいずれかを含む硬質層を堆積し、その上に圧電体層を堆積することにより、高音速かつ高 $k^2$ 化を実現することができる。さらにその上にLi<sub>2</sub>O、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の少なくとも一つを含み正のTCFを有するSiO<sub>2</sub>保護層を堆積することにより、圧電体層の負のTCFを相殺して素子全体のTCFを零に近づけることができ、挿入損失が小さく温度安定性に優れた高周波発振器などの通信デバイスを実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

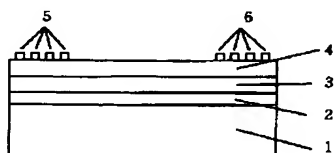
【図1】本発明の一実施例を示す $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>硬質層およびZnO圧電体層を有する表面弾性波素子の断面図である。

【図2】本発明の一実施例を示す $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>硬質層、ZnO圧電体層およびLi<sub>2</sub>O、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を含んだSiO<sub>2</sub>保護層を有する表面弾性波素子の断面図である。

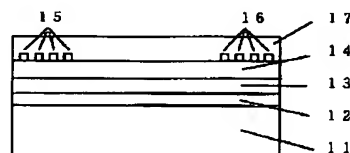
#### 【符号の説明】

1. (100) Si基板
2. SiO<sub>2</sub>酸化膜層
3. (001)  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>硬質層
4. (001) ZnO圧電体層
5. IDT電極
6. IDT電極
11. (100) Si基板
12. SiO<sub>2</sub>酸化膜層
13. (001)  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>硬質層
14. (001) ZnO圧電体層
15. IDT電極
16. IDT電極
17. SiO<sub>2</sub>保護層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 宮澤 弘  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

Fターム(参考) 5J097 AA06 AA21 AA23 DD01 DD29  
EE08 FF02 FF05 HA02 HA03  
KK09